

CLIPPEDIMAGE= JP02000350393A  
PAT-NO: JP02000350393A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000350393 A  
TITLE: PERMANENT-MAGNET MOTOR

PUBN-DATE: December 15, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

MIYATA, KOJI

COUNTRY

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SHIN ETSU CHEM CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP2000091430

APPL-DATE: March 29, 2000

INT-CL\_(IPC): H02K001/27; H02K001/22 ; H02K021/14

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a permanent-magnet motor having a magnet buried type rotor, in which cogging torque is reduced, and a high output and high accuracy are controlled.

SOLUTION: In the permanent-magnet motor in which a rotor 3, in which a plurality of permanent magnets 1 are buried into a rotor yoke 2 in the radial direction, and a stator, in which windings are wound on a core with a plurality of slots 6, are arranged through an air gap, the motor has the petal-shaped rotor 3 in which the center of an outside diameter is made eccentric so that the outside diameter passing through the external contour of the permanent magnet 1 is made smaller than that passing through the apex of the contour of the adjacent permanent magnet 1.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-350393  
(P2000-350393A)

(43) 公開日 平成12年12月15日 (2000. 12. 15)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーム* (参考)
H 0 2 K 1/27	5 0 1	H 0 2 K 1/27	5 0 1 A 5 H 0 0 2
1/22		1/22	A 5 H 6 2 1
21/14		21/14	M 5 H 6 2 2

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-91430 (P2000-91430)  
(22) 出願日 平成12年3月29日 (2000. 3. 29)  
(31) 優先権主張番号 特願平11-85704  
(32) 優先日 平成11年3月29日 (1999. 3. 29)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

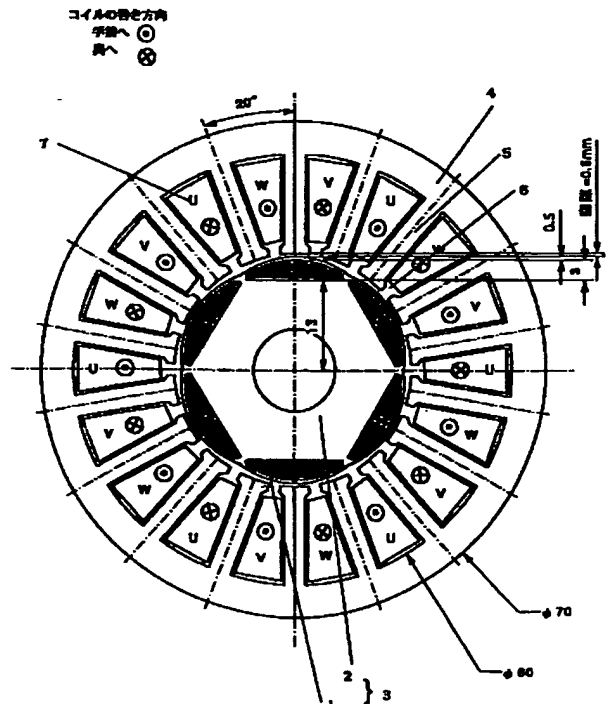
(71) 出願人 000002060  
信越化学工業株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目6番1号  
(72) 発明者 宮田 浩二  
福井県武生市北府2丁目1番5号 信越化学工業株式会社磁性材料研究所内  
(74) 代理人 100062823  
弁理士 山本 亮一 (外3名)  
Fターム (参考) 5H002 AA04 AA09 AB07 AC06 AE08  
5H621 AA02 BB10 CA01 GA04 GA16  
HH01 JK02  
5H622 AA02 CA02 CA05 CB04 CB05  
DD02 PP11 QA02 QA04 QB03

(54) 【発明の名称】 永久磁石モータ

(57) 【要約】

【課題】 コギングトルクを低減した磁石埋め込み型の回転子を有する高出力高精度制御の永久磁石モータを提供する。

【解決手段】 ラジアル方向に複数の永久磁石が回転子ヨーク内部に埋め込まれた回転子と、複数のスロットを有する鉄心に巻線を巻いた固定子とを空隙を介して配置した永久磁石モータにおいて、前記永久磁石の外側輪郭を通る外径が、隣接する永久磁石の輪郭の頂点を通る外径よりも小さくなるように外径の中心を偏心させた花弁状の回転子を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ラジアル方向に複数の永久磁石が回転子ヨーク内部に埋め込まれた回転子と、複数のスロットを有する鉄心に巻線を巻いた固定子とを空隙を介して配置した永久磁石モータにおいて、前記永久磁石の外側輪郭を通る外径が、隣接する永久磁石の輪郭の頂点を通る外径よりも小さくなるように外径の中心を偏心させた花卉状の回転子を有することを特徴とする永久磁石モータ。

【請求項2】 請求項1において、前記永久磁石の外側輪郭を通る外径が、隣接する永久磁石の輪郭の頂点を通る外径よりも小さくなるように外径の中心を偏心させ、偏心量を磁石の厚み以上とした花卉状の回転子を有することを特徴とする永久磁石モータ。

【請求項3】 回転子の軸方向が複数個あり、各軸方向に対して永久磁石を周方向に徐々にずらして配置した請求項1又は2記載の永久磁石モータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、サーボモータ、DCブラシレスモータ等の同期式の永久磁石モータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】永久磁石モータは、効率がよく制御性が良いことから、サーボモータを始めとする制御用モータに用いられている。例えば、ACサーボモータには、図2に示すようなラジアルエアギャップ形の永久磁石モータが用いられている。図2に示した永久磁石モータは、回転子ヨーク11の表面に、ラジアル方向にC形の永久磁石10を貼り付けた回転子12と、空隙（ギャップ）を介して配置された複数のスロット15を有する固定子ヨーク13とティース14に巻かれたコイル17からなる固定子とで構成されている。図2に示す永久磁石モータの場合、永久磁石の極数は6、ティースの数は18であり、永久磁石内の矢印は永久磁石の磁化の方向を示している。また、コイルは図3に示したように、分布巻きで3相Y結線がなされており、コイルの巻き数は1スロット当たり30ターンである。

【0003】ところで、高精度のトルク制御を必要とするACサーボモータ等のトルクは、脈動の小さなものでなければならない。したがって、永久磁石が回転したときに固定子のスロットと永久磁石との位置関係から、空隙の磁束分布が変化することに起因するコギングトルク（コイルに電流を流さない状態でのトルク）や誘起電圧の脈動によってトルクリップルが発生することは好ましくない。トルクリップルは、制御性を悪くする他に騒音の原因にもなる。

【0004】コギングトルクを低減する方法として、図4に示すように、永久磁石20の端部形状が薄くなるように、C形あるいはD形の永久磁石の外径の中心を偏心

磁束分布の変化が大きな磁極の切り替わり部分である永久磁石端部での磁束分布が滑らかになり、コギングトルクを低減することができる。なお、図4中、21は回転子ヨークである。

【0005】コギングトルクを低減する別の方法とし

て、電機子（固定子）ヨークをスキューさせたり、回転子の永久磁石をスキューしたりする方法がある。スキューとは軸方向の位置に応じて周方向に回転が加わった状態をいう。電機子（固定子）ヨークにスキューをかけると、積層鋼板をスキューして積み重ねたり、スキューした固定子スロットに巻き線を収めなければならず、工程が面倒になるので、一般には図5のように回転子の永久磁石30をスキューして固定する方法がとられる。このときのスキュー角（AOB）33は、通常固定子のスロットピッチの1/2倍又は1倍が選択される。なお、図5中、31は回転子ヨーク、32は軸であり、また、Aは上部の永久磁石端面の中央点、Bは下部の永久磁石端面の中央点、Oは軸中心である。

【0006】しかし、図2に示したような、回転子ヨークの表面に永久磁石を接着剤等で貼り付けた永久磁石モータでは、回転中に永久磁石に加わる遠心力によって、永久磁石が回転子から外れて飛散する恐れがある。その結果、永久磁石がギャップに挟まり、永久磁石モータが急停止してしまうことになる。例えば、自動車の電動パワーステアリング用に、この種のモータを用いると、最悪の場合、ステアリングがロックしてしまい、操舵不能となって人命にかかわることになる。そこで、永久磁石が回転子から外れることを防止するために、図2に示すように、永久磁石表面にアルミ等からなる非磁性のスリーブ16を被せたり、ガラス繊維にエポキシ樹脂を含浸させたテープを巻き付けて熱硬化させたりしている。しかし、スリーブあるいはテープをあまり厚くすると、モータ出力を下げってしまうので、肉厚は0.1mmから0.3mm程度が選択されるが、永久磁石を押さえる強度は十分とは言えない。強度があり薄肉のスリーブあるいはテープは、製造コストが高く、永久磁石モータのコストアップにつながる。

【0007】また、永久磁石が飛散しない回転子構造としては、図6に示すように、永久磁石40を回転子ヨーク41の内部に埋め込んだ、磁石埋め込み型回転子がある。磁石埋め込み型回転子ヨークは、0.5mm程度の電磁鋼板でケイ素鋼板を打ち抜き、これを積層して作製する。近年の打ち抜き技術の向上により、この磁石埋め込み型回転子ヨークの製作コストは高くはない。しかしながら、この型の回転子は永久磁石を内部に埋め込んであるため、永久磁石の形状が回転子表面の磁束分布に与える影響は、図2に示した表面磁石型よりも小さい。したがって、磁石埋め込み型回転子は、永久磁石の形状を変更することによるコギングトルクの低減が十分に行え

トルクになってしまうという問題があった。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、コギングトルクを低減した磁石埋め込み型の回転子を有する高出力高精度制御の永久磁石モータを提供することにある。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上記課題を解決するために鋭意検討を行い、永久磁石が飛散する心配のない磁石埋め込み型の回転子を有する永久磁石モータに下記する改良を加え、トルクむらのないスムーズな回転を実現した。すなわち、本発明は、ラジアル方向に複数の永久磁石が回転子ヨーク内部に埋め込まれた回転子と、複数のスロットを有する鉄心に巻線を巻いた固定子とを空隙を介して配置した永久磁石モータにおいて、前記永久磁石の外側輪郭を通る外径が、隣接する永久磁石の輪郭の頂点を通る外径よりも小さくなるように外径の中心を偏心させた花卉状の回転子を有することを特徴とする永久磁石モータである。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明について、図面を参照して詳細に説明する。本発明の特徴は、上記したように、磁石埋め込み型回転子を有する永久磁石モータにおいて、永久磁石の外側輪郭を通る外径が、隣接する永久磁石の輪郭の頂点を通る外径よりも小さくなるように回転子の外径の中心を偏心させた花卉状の回転子を有する点にある。具体的には、前記永久磁石の外側輪郭を通る外径が、隣接する永久磁石の輪郭の頂点を通る外径よりも小さくなるように外径の中心を偏心させ、偏心量を磁石の厚み以上とした花卉状の回転子を有することである。そして、これにより、トルクむらのないスムーズな回転となり、コギングトルクが低減される。本発明の永久磁石モータは、図1に示すように、回転子3は回転子ヨーク2の内部に、ラジアル方向に交互にN極、S極と磁化された永久磁石1を埋め込んだ構造になっている。永久磁石1の形状は、図1ではD形の断面となっているが、図7(b)、(c)のように、C形あるいは長方形としてもよい。永久磁石モータのその他の構成として、複数のスロット6を有する固定子ヨーク4とティース5に巻かれたコイル7からなる固定子が、回転子3と空隙を介して配置されている点は、図2の従来例と同様である。なお、図1に例示した永久磁石モータは、永久磁石の極数は6で、ティースの数は18である。

【0011】回転子3の表面形状は、図1に示すように、永久磁石の外側輪郭を通る外径が、隣接する永久磁石の輪郭の頂点を通る外径よりも小さくした花卉状としている。具体的には、図7(a)に示すように、各磁極において回転子ヨークの外径の中心を偏心させている。また、永久磁石の外側になる回転子ヨークの最も薄くな

で短絡してしまい、永久磁石の利用効率が低下するので、通常永久磁石の飛散防止に最低限必要な肉厚0.5mm程度が選ばれる。更にコギングトルクの原因は、先に説明したように、永久磁石が回転したときに固定子のスロットとの位置関係で空隙の磁束分布が変化すること起因するので、磁極の切り替わり部分である隣接する磁極間の長さを大きくすることで、空隙磁束分布の変化は少なくなり、コギングトルクは低減できる。また、本発明の好ましい態様として、回転子の軸方向が複数個あり、各軸方向に対して永久磁石を周方向に徐々にずらして配置することにより、よりコギングトルクを低減することができる。

#### 【0012】

【実施例】以下、実施例にて詳しく説明する。なお、Nd-Fe-B系の永久磁石について説明するが、本発明はNd-Fe-B系磁石に限るものではない。永久磁石は以下の工程にて製作した。それぞれ純度99.7重量%のNd, Fe, Co, M (MはAl, Si, Cu)と純度99.5重量%のBを用い、真空溶解炉で溶解鋳造してインゴットを作製した。このインゴットをジョウクラッシャーで粗粉碎し、更に窒素気流中ジェットミル粉碎により平均粒形 $3.5\mu\text{m}$ の微粉末を得た。この微粉末を垂直磁場プレスにて12kGの磁場中において、 $1.0\text{t}/\text{cm}^2$ の成形圧にて成形した。この成形体はArガス中1090℃で1時間焼結を行い、引き続き580℃で1時間の熱処理を行った。その後、砥石による研削加工を行い、C形永久磁石を得た。本永久磁石の特性は、Br:13.0kG, iHc:15kOe, (BH)max:40MGoeであった。

【0013】(比較例)比較例として、回転子と固定子の奥行きが30mmである図6に示した寸法の表面磁石型の永久磁石モータのコギングトルクと、電源を入れずに永久磁石モータを一定の速度で回転させた(永久磁石モータを発電機とした)ときに、3相巻き線の線間に発生した誘起電圧(Electric Motive Force)を測定した。なお、図6中、永久磁石40内の矢印は永久磁石の磁化の方向を示しており、また、コイル46は図3に示したように、分布巻きで3相Y結線がなされており、コイルの巻き数は1スロット当たり30ターンである。コギングトルクは、トルク検出器に永久磁石モータの軸を固定し、軸の一方を別の永久磁石モータで10rpm以下のゆっくりとした速度で回転させたときのトルクを測定した。誘起電圧EMFは、単位時間当たりのコイルに鎖交する磁束量で、回転数を一定にして比較すれば駆動トルクに比例する値である。今回は回転数を1000rpmとして測定した。図6に示した永久磁石モータの永久磁石は、コギングトルクの低減を図るため外径を偏心させた。更に図4のように、永久磁石を軸方向に2分割してスキューを行った。スキューの

増やしていくとコギングトルクが小さくなるポイントがあり、今回の偏心量は4mmとした。コギングトルクと誘起電圧の値を表1に示す。コギングトルクは脈動する波形の最大値と最小値の差であり、誘起電圧は実効値である。高精度制御永久磁石モータでは、コギングトルクは定格トルクの1%以下が目標値であり、比較例の定格トルクは0.63Nm/3000rpmであるので、目標値は0.006Nmとなるが、比較例のコギングトルクは0.041Nmで目標値をクリアしなかった。なお、図2で示した従来例の永久磁石モータは、磁石の飛散防止対策が十分に行えないので、比較はしなかった。\*

\*【0014】(実施例)実施例として、図1に示したように、回転子が花弁状である永久磁石モータのコギングトルクと誘起電圧を評価した。永久磁石の寸法やスキュー角は、従来例と同様とし、回転子ヨークの形状は図7(a)示すものとし、各磁極において回転子ヨークの外径の中心を偏心させた偏心量は4mmであった。実施例のコギングトルクは0.003Nmで目標値をクリアした。更に、永久磁石の外側のヨーク厚みが比較例に比べ薄いので、磁束の短絡が少なく、EMFも向上した。

【0015】

【表1】

	コギングトルク (Nm)	誘起電圧 (mV/rpm)
実施例	0.003	9.30
比較例	0.041	8.11

【0016】

【発明の効果】以上説明したように、本発明により、回転子からの永久磁石の飛散防止とコギングトルクの低減が可能となり、ACサーボ永久磁石モータやDCブラシレス永久磁石モータ等の高性能化と信頼性向上に有用であり、産業上その利用価値は極めて高い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の永久磁石モータの断面図である。

【図2】従来例の永久磁石モータの断面図である。

【図3】固定子巻線を示した説明図である。

【図4】コギングトルク低減のために永久磁石外径の中心を偏心させた図である。

【図5】コギングトルク低減のために行うスキューの説明図であり、(a)は断面図、(b)は正面図である。

【図6】比較例の磁石埋め込み型回転子の断面図であ

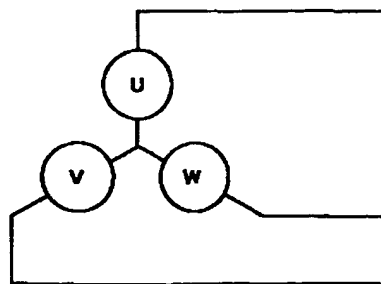
※る。

【図7】本発明の磁石形状の異なる磁石埋め込み型回転子の断面図であり、(a)はD形、(b)はC形、(c)は長方形の永久磁石の場合を示す。

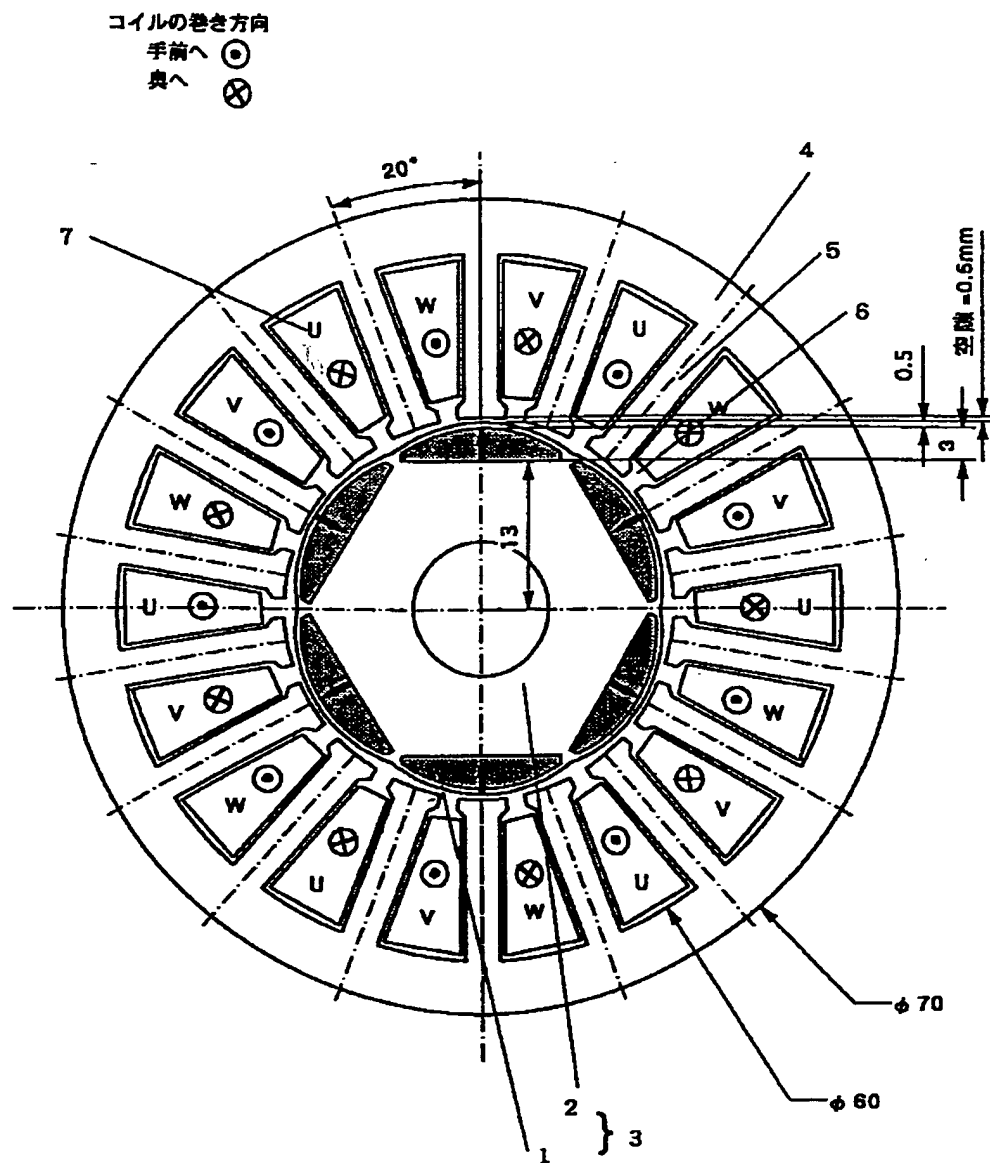
【符号の説明】

- 1、10、20、30、40 永久磁石
- 2、11、21、31、41 回転子ヨーク
- 3、12、42 回転子
- 4、13、43 固定子ヨーク
- 5、14、44 ティース
- 6、15、45 スロット
- 7、17、46 コイル
- 16 スリーブ
- 32 軸
- 33 スキュー角

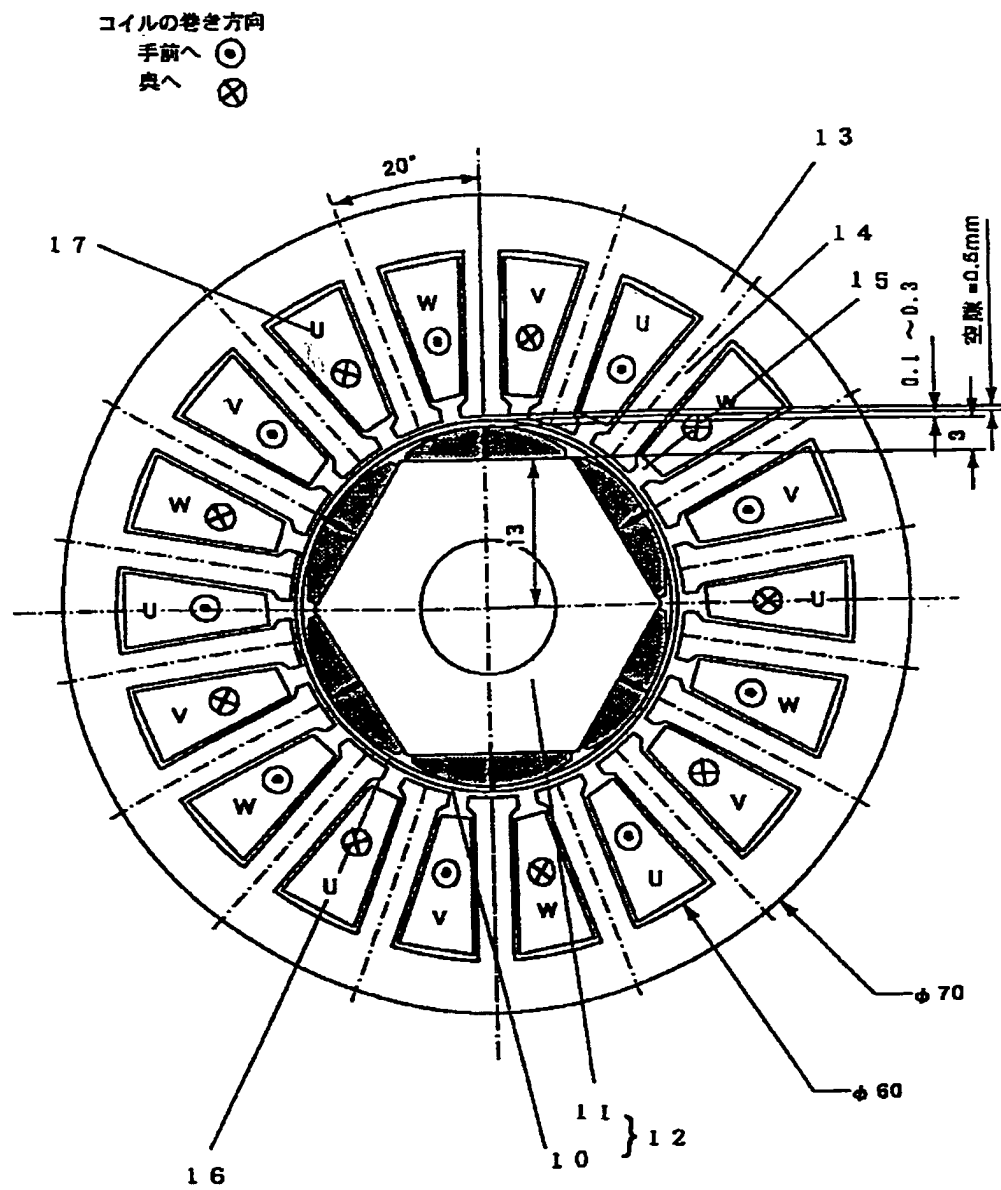
【図3】



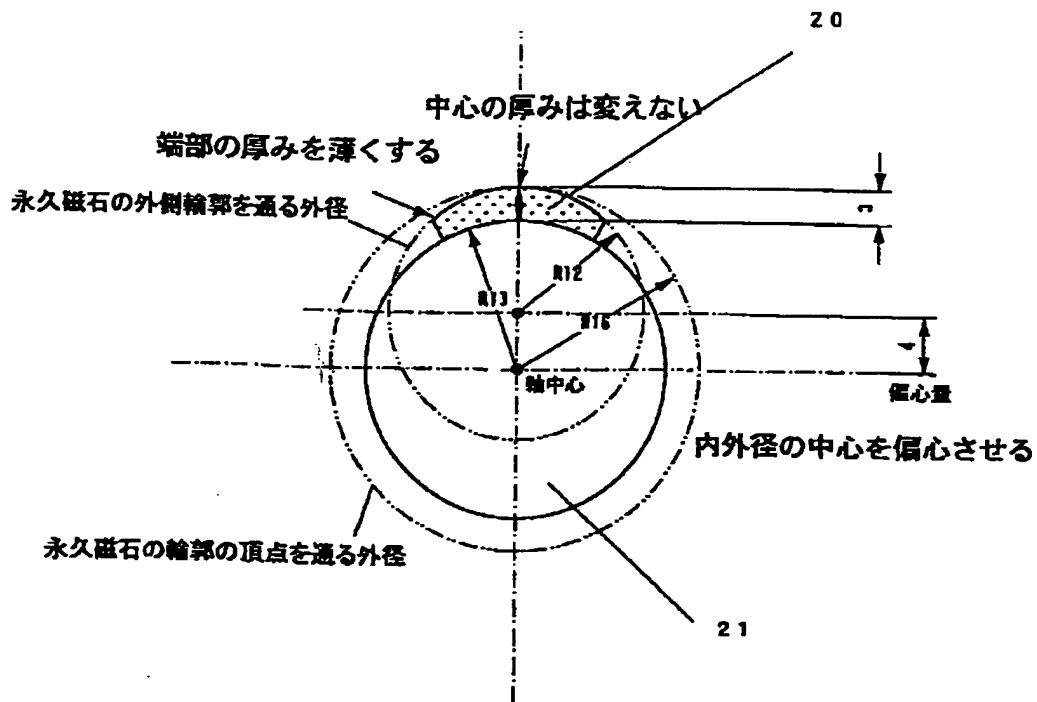
【図1】



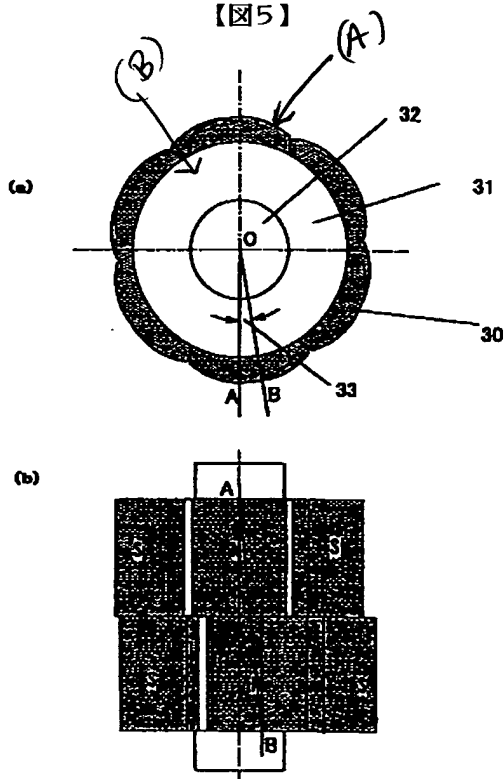
【図2】



【図4】

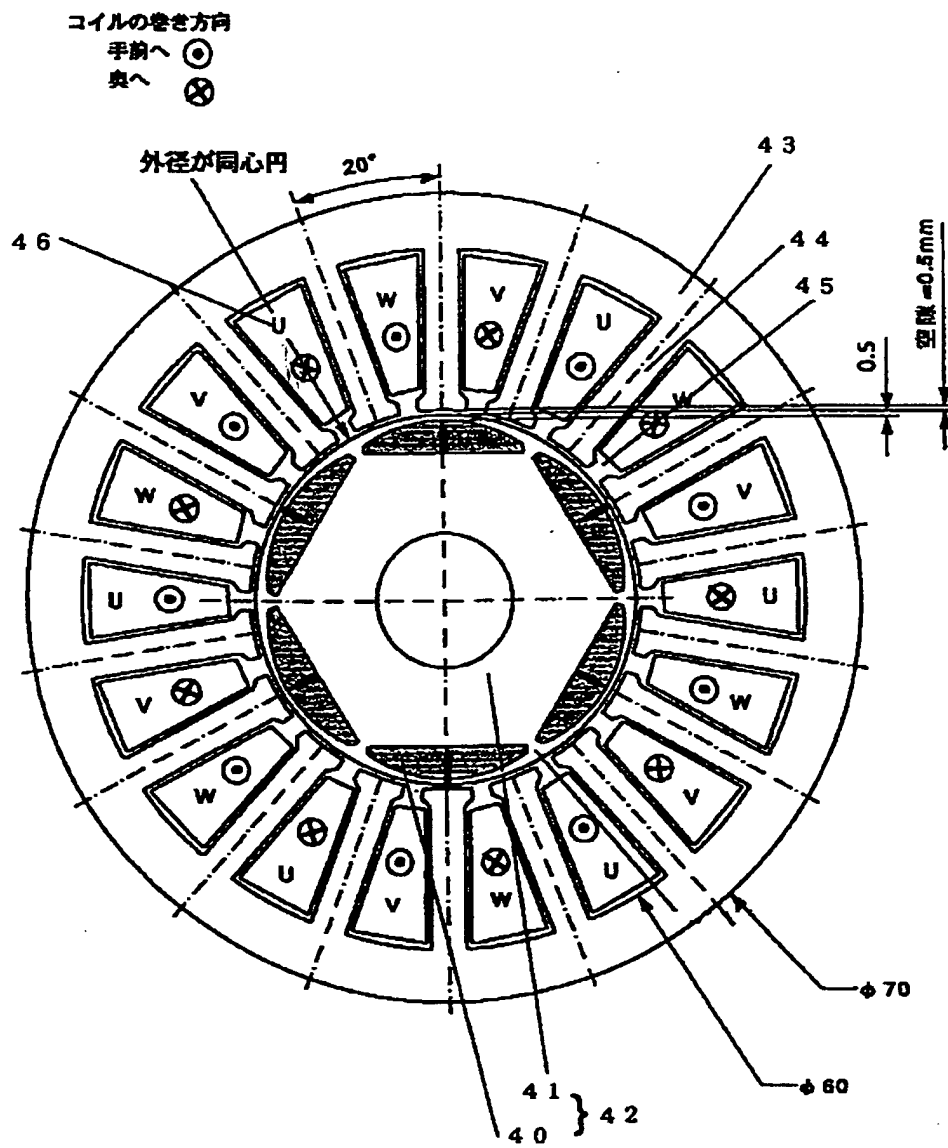


【図5】





【図6】



【図7】

